循環資源活用懇談会

木炭技術分科会検討報告書

平成１６年３月

富　　山　　県
(財)とやま環境財団
循環資源活用懇談会

― 目 次 ―

1　はじめに
（1）木炭技術分科会について …… 1
（2）テーマの検討状況 …… 1
2　検討テーマ提出事業者の状況 …… 2
（1）事業者の概要 …… 2
（2）炭化設備の概要、仕様 …… 2
（3）炭化物の状況 …… 2
3　検討課題と検討項目 …… 2
（1）問題点と検討課題の抽出 …… 2
（2）検討項目 …… 3
4　調査・検討内容 …… 3
（1）用途に応じた最適な炭化条件の確立 …… 3
（2）製品の品質管理方法等の確立 …… 3
（3）その他のリサイクル用途の可能性 …… 3
5　用途に応じた最適な炭化条件の確立 …… 3
（1）電気炉における前実験 …… 4
（2）炭化炉における実証実験 …… 4
（3）活性炭製造の可能性の検討 …… 5
6　製品の品質管理方法等の確立 …… 7
（1）原料受け入れ …… 7
（2）品質管理 …… 9
（3）運転管理 …… 9
（4）点検マニュアル …… 10
（5）製品の貯蔵時の管理 …… 10
7　その他のリサイクル用途の可能性 …… 10
（1）水質浄化材 …… 11
（2）木酢液 …… 11
（3）土壌改良材 …… 12
（4）固形燃料用粉炭 …… 13
（5）活性炭 …… 13
（6）ダイオキシン吸着用活性炭 …… 13
8　事業者の新たな対応 …… 14
9　まとめ …… 14
＜参考資料＞ …… 17

木炭技術分科会検討報告書

1　はじめに

（1）木炭技術分科会について

①　分科会の目的

県では、産業廃棄物の排出実態やリサイクルの現状等を踏まえ、事業者が抱える諸問題を抽出し、発生抑制や循環的利用のための手法を調査検討するため、平成 14 年に循環資源活用懇談会を設置した。

懇談会では、事業者等に対するアンケートから技術的な課題を抽出し、最終的に事業者の意向等を踏まえ２つの検討テーマを選定した。

これらのテーマの具体的な調査検討を進める場として、専門家からなる技術分科会を 15 年１月に設置し、事業者とともに検討を行ってきたものである。

②　検討テーマの選定経緯

富山県新湊市に本社を置く金原開発(株)では、平成１４年に富山市内のリサイクルセンターに炭化設備を導入し、建築・解体工事で発生する廃木材を原料に炭化物の製造を開始した。

製造した炭化物は、木造家屋の床下に敷き詰める床下調湿材として販売されたが、これまで販路もなくまた製品の品質も十分に把握されていない状況であった。

14 年５月から建設リサイクル法が完全施行され、建設発生木材のリサイクルを進めることが全県的な課題となっている。そのため、現在の炭化設備の改善を図りながら、品質面での向上策と併せて新たなリサイクル用途の可能性について検討を進めることが適当とされ、「木炭技術分科会」を設置し、廃木材を循環資源として一層の活用を図ることにした。

（2）テーマの検討状況

①　第１回分科会：平成 15 年１月 27 日(月)　富山県民会館 302 号室
（内容）・循環資源活用懇談会事業の概要と経緯について
・事業者の取組みの概要と課題について
・検討課題の抽出と今後の検討方針について

②　第２回分科会：平成 15 年２月 12 日(水)　金原開発(株)富山リサイクルセンター
（内容）・施設概要説明
・現地調査

③　第３回分科会：平成 15 年７月９日(水)　富山県民会館 302 号室
（内容）・木炭技術分科会の検討課題及び今後の検討方針について
・炭化炉の改善検討状況について

④　第４回分科会：平成 15 年 11 月 18 日(火)　富山県民会館 302 号室
（内容）・活性炭の製造試験の結果について
・原料受け入れ基準について
・木炭技術分科会の検討報告書（素案）について

⑤　第５回分科会：平成 16 年１月 27 日(火)　富山県民会館 302 号室

（内容）・活性炭の製造試験の結果について
・木炭技術分科会の検討報告書（案）について

2　検討テーマ提出事業者の状況

（1）事業者の概要

名　　称：金原開発株式会社　（代表取締役　金原敏昭）
本社所在地：富山県新湊市沖塚原 134
事業所所在地：富山市坂下新字上中島 26(富山リサイクルセンター)
資 本 金：1,000 万円
従業員数：55 名
事業内容：土木・解体工事、運送業、産業廃棄物収集運搬・処分業(焼却、破砕・選別)、
リサイクル事業(木炭、再生砕石他)

（2）　炭化設備の概要、仕様　（設備の図面、写真は参考資料１のとおり）

○　連続還元炭化炉（ロータリーキルン式）

メーカー　：(株)アクトリー
生産能力　：6～7 トン/日(24h)
炉内温度　：450～500℃
炉出口温度：400～450℃
滞留時間　：40～50 分
燃料消費量：5 リットル／時(重油)
　　テーマ提出時の仕様
主要生産品：床下調湿材、豆炭・練炭原料等

（3）炭化物の状況

・　平成 14 年より、製造した炭化物を、木造家屋の床下調湿材として販売を開始したが、売れない状態が続いている。
・　炭化物の品質として、比表面積が極めて小さく、また固定炭素(FC)や揮発分(VM)も一般に市販されている炭と比べ、かなり見劣りする状態であった。

3　検討課題と検討項目

（1）問題点と検討課題の抽出

木炭技術分科会では、事業者や炭化炉メーカー技術者からのヒアリングや施設現地調査などを通じて、次の問題点を整理した。

炭化物の品質の指標である比表面積は極めて小さく、また固定炭素(FC)や揮発分(VM)についても改善を図っていく必要がある。

また、新たに合金鉄の還元用炭材としての利用が、品質から見て当面最も有望と考えられることから、その受入れ条件(固定炭素量や成分の安定性等)を満足させ、安定に供給していくことも必要である。

これらの事項は、互いに炭化条件（温度・時間等）と密接に関連していることから、比表面積の改善や必要固定炭素量の確保などに最適な炭化条件の確立を進めるとともに、床

下調湿材や合金鉄用炭材としての品質改善や品質・性能の安定化を図り、さらに、これらの検討等を通じて新たなリサイクル用途等の可能性について言及していくことが適当と考えられる。

（2）検討項目

現状の問題点を踏まえ、検討項目は次のとおりとした。(検討課題概要図は参考資料２のとおり)

A　用途に応じた最適な炭化条件の確立
B　製品の品質管理方法等の確立
C　その他のリサイクル用途の可能性

4　調査・検討内容

それぞれの検討課題について、次の項目の調査・検討を行った。

（1）用途に応じた最適な炭化条件の確立

① 炭化条件（温度、時間等）と比表面積・固定炭素(FC)・揮発分(VM)等物性との関係
② 設備の改造による品質改善
③ 活性炭製造の可能性の検討

（2）製品の品質管理方法等の確立

① 原料受入れ
② 品質管理
③ 運転管理
④ 点検マニュアル
⑤ 製品の貯蔵時の管理

（3）その他のリサイクル用途の可能性

① 水質浄化材
② 木酢液
③ 土壌改良材
④ 固形燃料用粉炭
⑤ 活性炭
⑥ ダイオキシン吸着用活性炭

5　用途に応じた最適な炭化条件の確立

現在の木炭の比表面積が数十(m^2/g)と低く、床下調湿材としての性能が十分に期待できないことから、炭化炉の改善を行い、炉内温度の高温化等を図ることにした。

＜改善項目＞

○　炉内温度の高温化

現在の炭化物の比表面積が小さいのは、炉内温度や炉内滞留時間が影響していることが考えられる。そのため、炭化炉の改善による炉内温度の高温化や炉内滞留時間の検討を行う。

（内容）

①　炉内温度の検討

現状の炉内温度は 450～500℃、出口温度は 400～450℃であるが、炉内温度・出口温度を上げることにより比表面積の改善を検討する。

なお、炉内温度を上げるための炭化炉の改善についても検討する。

②　炉内滞留時間(炭化時間)の検討

現状の炉内滞留時間は 40～50 分、炭化時間は 10～15 分であるが、炉内滞留時間、炭化時間を変えることにより比表面積の改善を検討する。

（１）電気炉による前実験（実験方法、実験結果は参考資料３のとおり）

炭化炉の最適条件（温度、時間）を把握するため、事前に電気炉で次の調査を行った。

①　実験方法

電気炉で設定温度(400℃、500℃、600℃)を変えてチップを炭化させ、比表面積等の変化を測定する。

②　実験結果

ア　炭化温度 600℃で比表面積が 300m^2/g 以上となり、400℃・500℃の場合より大幅に改善することが判明した。

イ　600℃で炭化した場合は、炭化時間(30,60,90 分)によって大きな変化は認められなかった。

③　改善のポイント

前実験の結果等を踏まえ、次の点について改善を図っていく必要性が考えられた。

ア　現在の炉内温度(450～500℃)を 600℃に上げ、比表面積を向上させる必要がある。

イ　重油の供給量(現状：5L/hr)を増やし、炉内温度を上げる必要がある。

なお、炭化炉の燃焼ファンの送風量を下げ、炉内温度を上げることも可能である。

ウ　炉内滞留時間は、現状の 50 分程度で問題はない。(時間が短くても可能)

④　改善にあたっての問題点

炉内温度を現状よりも上げる場合、これまで以上の鉄の膨張があり、ロータリーキルンの内転炉、外転炉間のシール部分に隙間ができる。この隙間から空気が侵入し危険であるため、シール部分の改造が必要である。

（２）炭化炉における実証試験

①　改善点（改善点は参考資料１(設備の図面)のとおり）

ア　炭化炉のシール部を改善し、気密性を高めた。

（直角方向のシールからスライド式のシールに変更した。炉内の負圧度は８㎜H_2O のままだが、リークを減らした。）

イ　炭化炉のキルンの延びを増やした。

（キルンの延びを 40㎜→55㎜ とし、熱膨張による延びを吸収できる構造にした。）

ウ　燃焼ファンの送風量を下げた。

（余分な送風を行わないようファンの送風量を 60㎥/min→30㎥/min とし、熱風温度を上昇させた。）

② 改善結果

ア　炉内温度

①の改善により、炉内温度を 550～580℃で安定した状態に保つことができた。(当初、炉内温度 600℃を目標にしていたが、炭化炉の安定稼働を勘案して 550～580℃とした。)

なお前実験の結果から、炉内滞留時間(40～50 分)・炭化時間(10～15 分)は、現状と同じとした。

イ　性能の分析

製造した炭化物の成分及び細孔特性について分析したところ、比表面積が 291～337 (㎡/g)と大幅に向上するとともに、固定炭素が約 90%と安定した数値が得られた。

また、炉内滞留時間によって炭化物の性能に差異は見られなかった。

参考として、吸着性能についてヤシ殻系活性炭と比較したところ、ベンゼン吸着力及びヨウ素吸着力とも低い値であった。

＜成分、細孔特性の分析結果＞

No	炉内温度(℃)	炉内滞留時間(分)	製造後炭化物水分(wet%)	灰分(%)	揮発分(%)	固定炭素(%)	比表面積(㎡/g)	全細孔容積(ml/g)	平均細孔直径(nm)
1	580	60	29.7	1.6	8.0	90.4	337	0.20	2.3
2	550	60	24.1	1.5	9.4	89.1	291	0.18	2.5
3	550	50	37.5	1.6	7.5	90.9	305	0.19	2.4
4	550	40	26.6	1.6	8.6	89.8	300	0.18	2.4
5	550	37	46.5	1.7	8.9	89.4	301	0.18	2.4

＜吸着性能の分析結果＞

項目	炭化物	(参考)ヤシ殻系活性炭
強熱残分(%)	1.0	1.2
ｐH	7.1	6.5
ベンゼン吸着力(%)	6.0	36.4
ヨウ素吸着力(mg/g)	210	1,050

（3）活性炭製造の可能性の検討

炭化物を利用した活性炭製造の可能性を検討するため、富山県林業技術センター木材試験場（以下、「木材試験場」という。）において賦活化試験及び性能評価を行い、この検討結果を踏まえ、(株)アクトリー及び金原開発(株)において製造試験を実施した。

① 活性炭の製造条件の検討

炭化物を用いた活性炭の製造条件を確立するため、木材試験場において、小型賦活実験装置を用いて適切な賦活処理条件を検討した。実験では、賦活炭の比表面積、収率に及ぼす炉内温度、賦活時間、水供給量について条件を変えて実験を行った。(実験の詳細は参考資料４のとおり)

＜賦活実験＞

① 供試炭化物・・金原開発(株)において製造された炭化物
- 炭化温度：500～600℃
- 含水率　：約３％（乾燥したもの）
- 形　状　：５～32mesh 部（篩い分けしたもの）
- 比表面積：246㎡/ｇ
- 供試量　：40ｇ

② 実験条件
- 炉内中心温度：750℃、850℃及び 950℃
- 水供給量：5ml/min、10ml/min 及び 15ml/min
- 水蒸気添加時間：7.5 分、15 分及び 30 分

＜分析結果及び評価＞

① 水供給量・賦活時間の影響：
- 5ml/min の場合 → 賦活温度が高く、賦活時間が長くなるほど比表面積は増大した。
- 10ml/min の場合 → 850℃までは賦活時間が長くなるほど比表面積は増大するが、950℃では、賦活時間が長くなるほど比表面積は低下した。
- 15ml/min の場合 → 750℃では、賦活時間が長くなるほど比表面積は増大した。
  850℃では、賦活時間が 15 分までは比表面積が増加するが、30 分では逆に低下した。
  950℃では、賦活時間が長くなるほど比表面積は急激に低下した。

② 収　率　：賦活温度が高く、賦活時間が長いほど収率は低下した。
  水供給量が多いほど収率が低下した。

③ 活性炭の製造に有効な製造条件
次の条件で、比表面積 750㎡/g 以上、収率が 30%以上の活性炭が得られた。

＜炉内中心温度：850℃＞
- 5ml/min、30 分の条件 → 866m^2/ｇ（収率：46.2%）
- 10ml/min、15 分の条件 → 845m^2/ｇ（収率：29.5%）

＜炉内中心温度：950℃＞
- 5ml/min、7.5 分の条件 → 757m^2/g（収率：48.8%）
- 5ml/min、15 分の条件 → 960m^2/g（収率：40.0%）

④ ダイオキシン吸着用活性炭の製造条件
ダイオキシン類のうち、2,3,7,8-PCDDs ダイオキシン１個の大きさは最大長約 1.8nm で、一般に吸着固定に必要な細孔の大きさは被吸着物の 1.5～2 倍程度とされる。
このことから、３～４nm 前後の細孔が発達した活性炭がダイオキシン類吸着に適すると考えられる。
そこで、活性炭の細孔特性を調査し、最適な製造条件について調査したところ、850℃で、5ml/min、30 分の製造条件が最適ということがわかった。

② 活性炭の製造試験の実施

上記の検討結果を踏まえ、還元用炭材として製造した炭化物を用い、２種類の賦活炉で製造試験を実施し、賦活品を分析した。（賦活条件、分析結果は参考資料５のとおり）

木材試験場の炭化試験によると、炉内温度の高い方が比表面積が高くなることが明らかにされており、外熱式・電気加熱式還元炉（電気ヒーターを熱源）の方が賦活キルン炉（ＬＰＧを熱源）より炉内温度を高くでき、活性炭の製造に有効であることがわかった。

しかしながら、賦活後の比表面積は、賦活キルン炉で 439㎡/g、外熱式・電気加熱式還元炉で 491㎡/g であり、一般的な活性炭の性能(800～1,000㎡/g)と比較すると低かった。

また、賦活炉の構造上、空気の侵入による一部の炭化物の燃焼などがみられ、満足な製造試験結果は得られなかった。

木材試験場で実施した試験では、活性炭の製造条件として適正な賦活温度、水供給量、添加時間について知見が得られ、特に水蒸気の添加については、添加量が多いほど収率が低下する（$C+2H_2O \rightarrow CO_2+2H_2$の反応が進み、炭素分がガス化する）傾向が見られており、最適な水供給量の検討が重要であると考えられる。

今後、活性炭の製造に当たっては、これらの結果を踏まえ、賦活炉の構造、温度、水供給量・時間などの稼働条件について十分調査検討する必要がある。

6　製品の品質管理方法等の確立

性能が安定した炭化物を生産するには、運転管理や品質管理を適切に行っていくことが重要であり、これらに関する基準を確立することが必要である。また、製品による環境汚染を引き起こさないためにも、安全性について十分に配慮していくことも必要である。

（１）原料受け入れ

①　薬剤の混入防止策

ア　廃木材に含有する薬剤

木材は、一般に腐朽やシロアリによる被害を受けやすいため、薬剤によって処理されているが、木造建築物の解体過程において廃棄物による様々な環境汚染問題が懸念されている。

最も使用量の多いＣＣＡ薬剤は名前の示すとおり、銅(Copper)、クロム(Chromium)、ヒ素(Arsenic)の有害重金属類を含んでおり、また最近では、ヒ素に比べて毒性が低いと言われるホウ素(Boron)を加えたＣＣＢ薬剤も使用されている。

(財)廃棄物研究財団が実施した「廃木材からの化学物質に関する調査」によると、CCA処理木材中に銅：340～550mg/kg、クロム：750～1,300mg/kg、ヒ素：340～820mg/kg の重金属が含有しており、また溶出試験(環境庁告示第 13 号)では処理木材から銅：3.8～2.2mg/ｌ、クロム：6.2～19.2mg/l、ヒ素：2.8～14.6mg/l が検出されたことが報告されている。

なお、木造住宅に利用されている薬剤の概要については、参考資料６のとおりである。

イ　事前選別

解体材をリサイクルする場合、環境に与える影響を最小限にするため、安全性について十分に配慮する必要があり、材料の投入において事前選別を徹底し、炭化施設に CCA 処理木材等を投入しないよう配慮しなければならない。

木造建築物において防腐・防蟻薬剤処理する部分は、前述のとおり床下や水周りにほぼ限定されており、また木材表面の色（薄い青緑色やその他の色）によってある程度の判別は可能である。

しかしながら、解体廃棄物を一旦運搬して保管場所に持ち込むと、様々な廃木材が混在した状態になるため、全ての処理木材を色で判断して目視で完全に取り除くことは難しいと考えられる。

こうしたことから、解体作業時において床下部分の廃木材を現場で選別すること、搬入業者に対して分別を指導するとともに、解体の状況・解体部位などをヒアリングし、炭化施設への投入を防止することが必要である。

ウ　反応試薬による試験

廃木材にＣＣＡ薬剤が使われているかどうか判定するため､反応試薬(ジフェニルカルバジド)が市販されている。

安全性を確認するため、この反応試薬を廃木材に滴下・スプレーし、反応液の呈色(ＣＣＡ薬剤に含まれる六価クロムに対して特異に呈色反応する)により薬剤処理されているかどうか判定することも必要である。

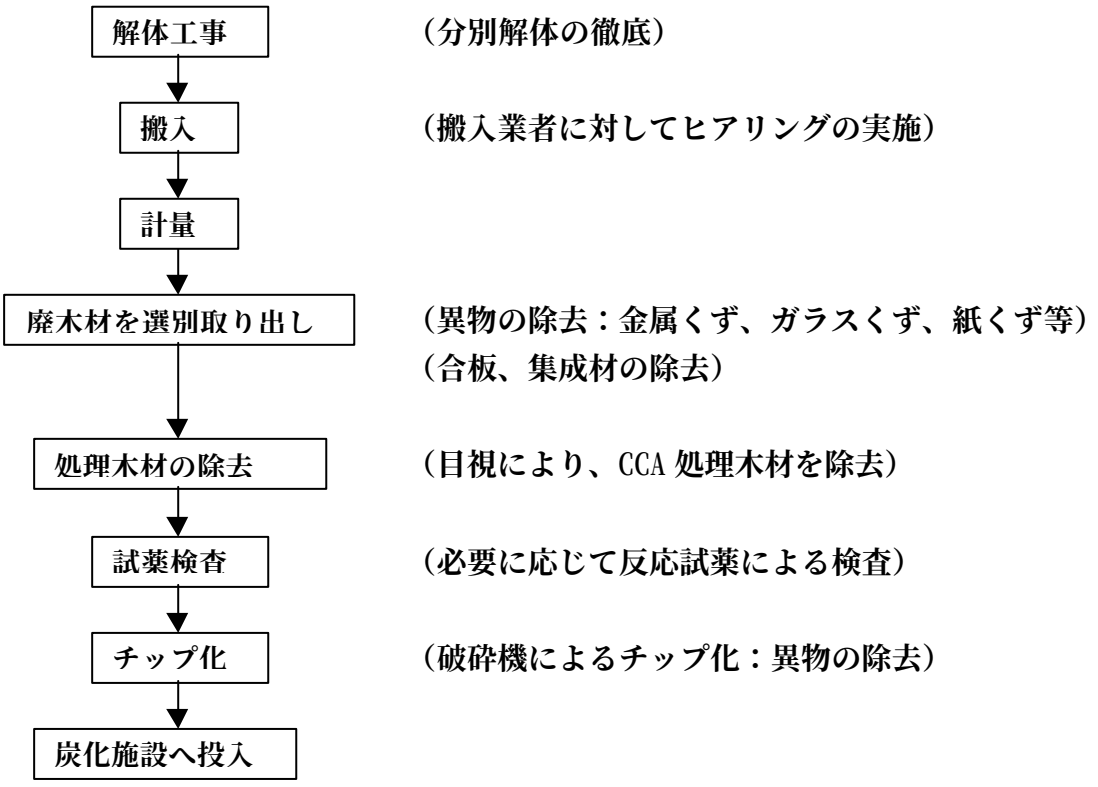
② 木材以外の廃棄物の混入防止策

建設リサイクル法の施行により建築物の分別解体が義務付けられ、近年廃木材の分別が進んできているが、解体作業では一部他の廃棄物(金属くず、ガラスくず、コンクリートくず、陶磁器くず、がれき類、紙くず、繊維くず)も混入してくる。

そのため、分別解体の徹底のみならず、その後の各処理工程においても分別を徹底するとともに、接着剤を使用する合板や集成材を除去し、異物の混入による製品の品質低下を防止する必要がある。

こうしたことから、廃木材の事前選別方法として次のフローを示す。なお、このフローで除去された処理木材と粉砕ダストは、併設の産業廃棄物焼却施設で処分する。

＜廃木材の事前選別フロー＞



（2）品質管理

炉内温度などの制御によって製造される木炭の品質が異なることから、木炭製品の使用用途毎に、品質管理基準を定める必要がある。なお、各製品に要求される性能は次のとおりである。

○　各製品の要求性能

製品の区分	要求性能	備　考
床下調湿材	比表面積：300㎡/g 以上	
合金鉄還元用炭材	固定炭素：80%以上 揮発分　：20%以下 灰分　　：10%以下 塊成品　：30㎜ 以下が 25%	・固定炭素のﾊﾞﾗﾂｷが少ないこと ・灰分中に有害(Al、Si)が無いこと ・粒径が細かくないこと
土壌改良資材	土壌の汚染に係る環境基準に適合すること	・重金属の含有(CCA 処理木材)がないこと
脱臭用炭材 水質浄化用炭材	比表面積が大きいこと ベンゼン吸着力、よう素吸着力が高いこと	・市販の活性炭よりベンゼン吸着力、よう素吸着力は低いが、できる限り吸着性能を向上させる必要あり
燃料(豆炭・練炭)	固定炭素：70%以下 揮発分　：20%以上	

○　各製品の要求性能に応じた製品の品質管理

製品の区分	炭化炉運転管理		形態	固定炭素	揮発分	灰分
	炉内温度 (℃)	炉内滞留時間(分)	(㎜)	(%)	(%)	(%)
床下調湿材	550	40～50	≦40	－	－	－
合金鉄還元用炭材	550～580	50	5～70	80 以上	20 以下	10 以下
土壌改良資材	550	40～50	≦ 5	－	－	－
脱臭用炭材 水質浄化用炭材	550	40～50	≦40	－	－	－
燃料(豆炭・練炭)	380～420	40	≦40	70 以下	20 以上	10 以下

製品の区分	比表面積 (㎡/g)	水分 (%)	pH	重金属類	出荷形態
床下調湿材	300 以上	≦15	6～8	土壌の汚染に係る環境基準に適合すること	袋詰め
合金鉄還元用炭材	－	≦25	－		バラ
土壌改良資材	150 以上	－	6～8		フレコン等
脱臭用炭材 水質浄化用炭材	300 以上	≦15	6～8		袋詰め
燃料(豆炭・練炭)	－	≦15	－		バラ、袋詰め

（3）運転管理

炭化設備の運転にあたっては、事前に設備の取扱説明書を作業員に十分熟知させるとともに、運転管理基準を定め、管理基準に従い作業する。

運転管理基準は、作業員が定量的に制御できるようにわかりやすいものにするとともに、

設備の異常時については、迅速な対応が図られるよう異常時のマニュアルや訓練を通じて作業員に身につけさせる必要がある。

また、活性炭の製造は、賦活炉内で高温で炭素（C）と水蒸気（H_2O）を吹き付ける反応（ $C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2$ ）であるが、可燃性ガス（H_2）の発生により酸素の混入があると爆発の恐れがある。

そのため、賦活炉に空気（酸素）が入らないようにシール部の設計に十分留意するとともに、可燃性ガスの発生をなるべく抑えるよう運転管理に注意する必要がある。

さらに、労働災害や爆発・火災防止のため、労働安全衛生法、消防法等関係法令に基づき管理者を定め、安全対策や火災防止に留意するとともに、近年、廃棄物処理施設に関連する火災や爆発事故が相次いでいることから、安全管理を徹底させる必要がある。

（4）点検マニュアル

炭化設備を安定かつ安全な状態で運転し、製品の品質を確保していくためには、設備の維持管理が極めて重要である。維持管理にあたっては、メーカーの定めるメンテナンス指導書や事業者の定める点検マニュアルに従い、適正に毎日の日常点検、定期的な定期点検、異常時の臨時点検を実施する必要がある。

なお、設備の点検簿については、単なる○×による確認ではなく、チェック項目・チエック内容を定め、点検者、点検日時、点検状況、異常時の記録等を明記し、設備を熟知した管理者の確認を点検の都度行っておく必要がある。

また、産業廃棄物処理業における労働災害防止対策として、(社)全国産業廃棄物連合会及び中央労働災害防止協会において、「産業廃棄物処理業におけるモデル安全衛生規定及び解説」及び「安全衛生チェックリスト」が作成されているので、安全衛生対策や作業管理に利用することも考えられる。

（5）製品の貯蔵時等の管理

①　富山市火災予防条例の遵守

製造した炭化物は消防法に定める「危険物」には該当しないが、富山市火災予防条例に基づく「指定可燃物（石炭・木炭類)」に該当し、その貯蔵及び取扱いについては当該条例において定められていることから、技術上の基準を遵守し火災予防を図る必要がある。

富山市火災予防条例（抜粋）は、参考資料７のとおりである。

②　火災防止のための留意事項

炭化物の貯蔵に当たっては、製造後の蓄熱による火災防止を図るため、温度管理、温度測定、冷却方法を定めるとともに、消火設備の火災発生時の対応についてマニュアルや訓練を通じて作業員に徹底させる必要がある。

③　粉じん爆発防止のための留意事項

製品の袋詰め工程などにおいて、木炭がパウダーの状態で飛散すると、粉じんの濃度や着火源によっては粉じん爆発の恐れがあるため､木炭の飛散防止対策を講ずる必要がある。

7　その他のリサイクル用途の可能性

炭化炉の改善が行われ、炭化温度の高温化等が図られた結果、比表面積が 300(㎡/g)以上

の炭化物を安定的に製造できたことから、新たに次のリサイクル用途の可能性が考えられる。

（１）水質浄化材

木炭を使って河川や湖沼の水質を改善しようとする試みは多いが、季節による変化や付着する微生物の活性が異なるなど問題も多く、正確なデータを欠く場合が多い。ただし、炭の質によっては活性炭に近い吸着力を示すものもあるといわれており、比表面積やベンゼン吸着力、ヨウ素吸着力の性能をより向上させることで活性炭と競合できる可能性も考えられる。

このため、水質浄化材としての木炭の利用にあたっては、浄化実験を実施し、データを蓄積するとともに、比表面積の向上など木炭の高性能化を図る必要がある。

（２）木酢液

① 木酢液の製造

炭化炉の煙を冷水管で冷却すると、約 200 種類の化合物からなる有機酸化合物が得られ、主成分が酢酸であるため、木酢液と呼ばれている。

液を１ヶ月以上置いておくと、黄色の軽油質と透明感のある黄赤褐色の木酢液、タール分の三層に分離する。これを蒸留し、揮発・凝縮させて出てくるのが蒸留木酢液で、淡黄色の透明な液体である。

2～3 回蒸留したものは木酢精留液と呼ばれ、医薬品や食品製造に利用されるが、農作物用には一般に木酢液が利用されている。

なお、炭材 100kg から約 25kg の炭ができ、炭の重さの 30～40%、すなわち 8kg 程度の粗木酢液が得られ、粗木酢液からタール分などを取り除いた約 60～70%(原料の約 10～20%)が木酢液となる。

② 木酢液の利用用途

木酢液は主に農業用で利用されているが、他にも様々な利用用途がある。

表－２ 木酢液の用途例 (日本木酢液協会)

分 類	用 途 例
土壌用 (株元散布)	○土壌改良：地力増進　　○土壌消毒：立枯病防除苗畑 ○微生物活性：有用微生物の増殖による土壌改良 ○植物活性：発根・発芽促進、米・麦・野菜・雑穀類 ○農林業：有機農業、稲作、減農薬、減化学肥料、堆肥発酵助剤、育苗
葉面散布・ 飼料用	○飼料添加：肉・卵・魚の改質と栄養向上 ○消臭：鶏・豚・魚・糞尿・内臓悪臭・消臭 ○除草：雑草駆除　　○防腐：木材防腐剤 ○防虫・防カビ・防菌：カメムシ、ダニ、アブラムシ、表面散布
食品用	○燻液：液体燻製、魚・肉加工品、燻製油漬缶詰
医療・家庭用	○医療：水虫 ○家庭：入浴剤、化粧品、スキンケア、清涼飲料
その他	○媒染：木酢酸鉄、ソロバン、黒羽二重 ○忌避剤：ムカデ、ヒル　　○抗酸化剤：油脂 ○工業：酢酸石灰、アセトン、木精

③ 木酢液の規格

日本炭窯木酢液協会では、木酢液の規格を定めており、製造にあたっては規格に適合

させる必要がある。（木酢液の規格は、参考資料８のとおり）

④　木酢液としての留意点

木酢液の原料として、広葉樹(ナラ、クヌギ、ブナ、カシなど)、針葉樹(スギ、ヒノキ、マツなど)、竹類(竹、笹類)、その他(オガ粉、樹皮、剪定枝、オガライト及び上記原材料の混合物)があるが、樹種により木酢液の品質を大きく左右すると考えられる。

また解体木材は、ＣＣＡ処理木材や木材以外の廃棄物(プラスチック、紙くず、繊維くず等)の混入により、品質を低下させる要因となる。

そのため、廃木材から木酢液を製造するには、事前選別や反応液試験により異物を完全に除くよう受け入れ基準を徹底するとともに、異なる樹種(部材)をなるべく混入させないことが品質・安全性の向上につながると考えられる。

（３）土壌改良材

①　植物への機能

木炭は多孔質体であるため、保水性が高く吸着性も強い。そのため土壌と混合すると透水性が上がり、通気も良くなり、肥料成分などが保持されやすいことから、微生物の繁殖や植物根の成長にも役立つ。

また、木炭は高温で焼かれているため有機物が少なく、灰分を含むためアルカリ性になっている。このため空中窒素固定菌や光合成細菌のような、独立栄養細菌及び植物の根に根粒や菌根を作る共生微生物だけが繁殖することができる。

樹木や農作物の成育に炭が有効と言われるのは、この様な微生物の関与があると言われている。なお、炭に含まれる灰分の量は少なく、肥料としての効果は少ないと考えられる。

②　利用用途

最近、衰弱したマツ類や果樹、街路樹などの根元に炭を埋め込み、樹勢を回復させる方法が試みられている。その方法は、木から数メートル離れたところに穴か溝を掘り、粉炭か炭のかけらを少量の肥料や菌根菌の胞子とともに埋め、その中へ若い根を再生させるやり方である。

この方法によると、切断された太い根から多数の若い根が再生し、それに菌根が形成されるので養水分の吸収が良くなり、地上部の成長が回復する。その反応は早く、マツやウメ、サクラなどでは１年で効果が現れるという。

また、道路の法面や裸地などを緑化する際も、炭を混ぜた資材を使うことがある。

特にマメ科植物を用いる場合は効果が大きいと言われ、炭を植物の成長促進のみならず緑化用資材としての利用を図ることも考えられる。

なお、植物への利用については、対象となる植物の選定と実際の施用効果の確認が必要となり、農業試験場など公的機関との共同研究や依頼試験により効果を実証するのが最良であるが、ＪＡや農家に働きかけて試験栽培を行う方法も考えられる。

③　土壌改良材としての留意点

解体木材からの木炭を利用する場合、ＣＣＡ処理木材に含まれる重金属が植物のみならず土壌へ悪影響を及ぼす恐れがある。

そのため、廃木材から土壌改良材を製造するには、事前選別や反応液試験により異物

を完全に除くよう受け入れ基準を徹底するとともに、定期的に木炭に含まれる重金属などを分析し安全性を確認してから利用するなど、土壌汚染を未然に防止する必要がある。（検査項目及び環境基準：土壌の汚染に係る環境基準について(平成３年環境庁告示第46号)）

（４）固形燃料用粉炭

練炭等固形燃料用粉炭は、比較的着火しやすい性質が求められる。過去の分析データによれば炭化物の揮発分は20%以上あり、ほぼ適当な性能を有していると考えられるが、着火しやすいため、製品の保管、搬送時等には発火防止のため細心の注意を払う必要がある。

具体的な安全策については、文献調査や同業者等への聞き取りなどにより、マニュアル化して正しい取扱い方法の徹底等を図ることが肝要と言える。

（５）活性炭

通常の木炭は、比表面積が最大400㎡/g程度であり、更に比表面積を上げるには賦活を行う必要がある。賦活は、木炭に850℃以上の高温水蒸気を吹きつけ、細孔を発達させるものであるが、新たに賦活設備を導入するとともに、適切な生産規模や方式の選定、温度・水蒸気量のコントロールが重要である。

活性炭の国内需要は約20万トンで、ガス吸着用、脱臭用、有害物質除去用など幅広い利用用途が考えられるとともに、製品の付加価値が高まることで木炭よりも利益が期待できる。(末端平均価格は400円/kg)

（６）ダイオキシン吸着用活性炭

県内の一般廃棄物焼却施設では、焼却炉の排ガスのダイオキシン類を除去するため、活性炭が使用されている。

活性炭の規格は次のとおりで、使用量は0.8kg/ごみ１トン(設計値)、購入単価は約300～400円である。

＜ダイオキシン類の活性炭として要求される規格＞

○　県内の一般廃棄物焼却施設

①　原料	石炭系　※１	
②　ヨウ素吸着性能	900mg/g以上	
③　充填密度	0.35～0.45g/ml	
④　乾燥減量	５%以下	
⑤　ｐＨ	8.0～11.0	
⑥　比表面積	1,000㎡/g以上	(一般的に750㎡/g以上で可能)
⑦　発火温度	450℃以上	
⑧　粒度	目開75μm pass90%以上	

(ﾊﾞｸﾞﾌｨﾙﾀ集塵機の目詰まり防止のため、１μm以下を含まないこと)

※１　他にヤシガラ系、木炭系があるが、特殊反応助剤との相性が良い石炭系を使用

規格では、比表面積が1,000㎡/g以上(一般的に750㎡/g以上で可能)と現状の木炭では適合しないが、賦活により規格を満たせれば公共向けとして安定した需要が見込まれる。

8　事業者の新たな対応

金原開発では、これまでの検討結果などを踏まえ、新たなリサイクル製品の用途開発を進めている。現在の炭化炉の改善を実施し、比表面積が約 300㎡/g に向上するなど製品の性能向上が図られた。また、品質の安定化を図った結果、次の新たな利用用途が開拓されてきた。

＜炭化物の新たな利用用途＞

用　途	利用先	利用・納入実績
合金鉄還元用炭材	合金鉄製造メーカー (県内)	サンプル出荷後、15 年 12 月から本格的に出荷開始（30～40ｔ／月） （受入先の稼働状況により変動あり）
炭(練炭､豆炭)の原料	炭製造メーカー (県外)	30～40ｔ／月　秋期・冬期の間のみ
土壌改良材 (プランター用の土)	肥料製造メーカー (県内)	15 年 4 月より毎月 5ｔずつ納入 （プランター用土としてホームセンターで販売）
	自社	下記施設で試験施工 （射水広域圏焼却施設芝生広場 高岡おとぎの森公園　他）
脱臭材	炭製造メーカー等 (県外)	サンプル納入
水質浄化材	ｺﾝｸﾘｰﾄ二次製品ﾒｰｶｰ (県外)	水質浄化機能を有するコンクリート二次製品(U字溝)として混合 （0.2～0.3 トン／月）

なお、品質改善が図られた床下調湿材についても、公共施設での利用など新たな販路の拡大を進めている。

9　まとめ

廃木材の炭化は、炭のもつ吸着性などを利用して床下調湿材、水質浄化材、木酢液、固形燃料用粉炭、土壌改良材として多くの用途が期待できる。また炭化ボードや、他の業者と共同で畳の内部材、ついたてなどを製造している事業者もある。さらに、賦活により活性炭にした場合、より付加価値の高い製品開発が可能となる。

しかしながら、廃木材の利用による木炭や活性炭の製造に当たっては、次の事項を十分に留意する必要がある。

① 解体廃木材にはＣＣＡ薬剤の混入の恐れがあることから、原料受け入れ基準に従い十分に事前選別を実施して重金属の含有がないよう管理を徹底すること。

② 事業者において、品質管理基準、運転管理基準を定め、製品の品質管理や設備の安定かつ安全な操業に努める必要があること。また、点検マニュアルや点検簿を定め、日常点検、定期点検、臨時点検を行う必要があること。

特に産業廃棄物処理業という意識から、製造メーカーであるという意識を持つことが大切であること。

③ 廃棄物を利用した製品は、バージンの製品と比較して品質や機能などが低く見られる傾向にあることから、低価格での取引が求められる。そのため、製造原価、販売・管理費といった総コストを算出して、産業廃棄物処理の受託収入を勘案しながら、持続的な

事業展開が図れるよう損益分岐点を上回る売上高を確保する必要があること。

④　木炭は、床下調湿材、水質浄化材、木酢液、土壌改良材等としての用途が期待できるが、それぞれどのような利用効果があるか科学的な知見やデータを更に蓄積し、ユーザーに対するプロモーション活動とあわせて、プレゼンテーションする必要があること。

その際、県の試験研究機関等との共同研究成果や試験データを活用することが、ユーザーへの信頼性の向上につながると考えられること。

⑤　各種木炭製品の潜在需要や市場ニーズを把握し、消費者のニーズに合った製品を製造・販売する必要があること。

⑥　活性炭の製造に当たっては、外熱式・電気加熱式還元炉の方がＬＰＧを燃料とする賦活キルンよりも炉内温度を高くすることができ、活性炭の製造に有効であることがわかったが、満足な性能が得られなかった。木材試験場で実施した試験では、活性炭の製造条件として適正な賦活温度、水供給量、添加時間について知見が得られたことから、これらの結果を踏まえ、賦活炉の構造、温度、水供給量・時間などの稼働条件について十分調査検討する必要があること。

昭和 40 年代の高度経済成長期に建てられた建築物は、今後建て替え時期のピークを迎えるため、解体廃棄物の一層の増加が見込まれる。

国においては建設リサイクル法により解体工事における分別解体、再資源化を義務付けているが、廃木材の再資源化をうまく進めるためにはリサイクル製品の用途開発、需要拡大が極めて重要である。

リサイクル産業は、各種リサイクル法の施行や排出事業者がリサイクルを求める社会的要求から、今後更に発展することが期待され、これらの事項に配慮しながら循環資源の利用拡大が進んでいくことが望まれる。

また、カーボンニュートラルの特性があるバイオマスが、新エネルギーの一つとして位置付けられたことや「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS 法）」の施行、平成 14 年 12 月 27 日の「バイオマス・ニッポン総合戦略」の閣議決定などにより、バイオマスが注目されている中で、木炭を燃料として利用することは、バイオマス燃料として化石燃料の代替資源に有効と考えられる。

更に、廃木材を焼却せず床下調湿材等として利用することは、炭素を固定して CO_2 の排出を抑えることから、資源の有効利用のみならず地球的規模の環境問題である地球温暖化防止にも効果があるとも考えられる。

こうした点を踏まえ、幅広い視点から廃木材炭化物の利用拡大を進め、環境負荷の少ない循環型社会の形成を推進していくことが期待される。

＜循環資源活用懇談会木炭技術分科会 委員名簿＞

技術委員長　城石　昭弘（富山大学 地域共同研究センター教授）
専門委員　　堀江　秀夫（高岡短期大学 産業造形学科教授）
専門委員　　細貝　一則（(社）全国木材組合連合会 企画部部長代理）
専門委員　　田近　克司（富山県林業技術センター木材試験場
資源利用課副主幹研究員）